
Le savoir technologique de l'orient

A propos du voyage en Inde de Franz Reuleaux en 1881

Technological knowledge in Orient

Britta Rupp-Eisenreich

**Édition électronique**

URL : <http://journals.openedition.org/tc/5005>

DOI : 10.4000/tc.5005

ISSN : 1952-420X

Éditeur

Éditions de l'EHESS

Édition imprimée

Date de publication : 30 juin 2010

ISSN : 0248-6016

Référence électronique

Britta Rupp-Eisenreich, « Le savoir technologique de l'orient », *Techniques & Culture* [En ligne], 54-55 | 2010, mis en ligne le 30 juin 2013, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/tc/5005> ; DOI : 10.4000/tc.5005

LE SAVOIR TECHNOLOGIQUE DE L'ORIENT

À propos du voyage en Inde de Franz Reuleaux en 1881

in *Techniques et culture* 14, 1989 : 109-132

L'enseignement de Marcel Mauss a formé les ethnologues français pendant quarante ans. Son exposé des « choses » à observer s'ouvre par un chapitre substantiel consacré à la technologie. Pour étudier les « techniques proprement dites », il recommande d'avoir recours à la « division fondamentale [...] de Reuleaux » (sic) – distinguant entre outil, instrument, machine (Mauss 1989 : 32)¹. Il renvoie à cet égard à l'édition allemande de deux principaux ouvrages théoriques de Reuleaux, la *Cinématique* de 1875 et *Le Constructeur* de 1861 en sa dernière réédition de 1895². La mention faite par Mauss ainsi que d'autres indices montrent que le professeur de la Haute École Technique de Berlin n'était pas un inconnu dans les milieux de la science ethnologique en voie de formation. Ses réflexions, par exemple sur les rapports entre « culture et technique », présentées d'abord à Vienne, ont été traduites et publiées par la Smithsonian Institution ; les nombreuses citations de Reuleaux lui-même, ses fréquentations intellectuelles mentionnées çà et là dans ses ouvrages font penser à un réel échange d'idées qui semble avoir été réciproque (Reuleaux 1884-1891 ; Rupp-Eisenreich 1987 : 173-176). À en croire un des rares articles commémoratifs qui aient été consacrés à Reuleaux après sa disparition en 1905, son influence sur les sciences humaines et la sociologie pré-weberienne aurait été considérable (Lang 1905)³. Cela signifierait que nous aurions à placer Reuleaux non seulement dans les marges des grandes controverses sur les méthodes (*Methodenstreit*) et la neutralité axiologique (*Werturteilsstreit*), mais aussi au cœur du débat dès le début⁴. Que Marcel Mauss cite volontiers la *Zeitschrift für Social-Wissenschaft* (la revue qui avait publié l'hommage à Reuleaux et qui se trouvait aussi parmi ses propres références), renvoyant, entre autres, au travail de Georg Simmel sur les « Projections spatiales des formes sociales » (sans doute

en poursuivant l'idée d'une « géométrie du monde social »), c'est probablement aussi par pure coïncidence que son intérêt partagé avec Reuleaux pour les dimensions culturelles des techniques et pour les techniques du corps. Tout au long de sa quête des lois qui régissent les mouvements relatifs dans les créations artificielles de l'homme que sont les machines – quête allant d'une théorie du ciel jusqu'à l'inclusion, à partir d'observations zoologiques, du règne animal – Reuleaux a prêté une attention constante au fait global du geste transformateur du monde, dans le temps et dans l'espace. S'inspirant du courant évolutionniste, il remonte les sentiers – longs, pénibles et tortueux – des « inventions » qu'il veut comprendre en tant que telles, comme aboutissements nécessaires d'un potentiel de pensée toujours donné. Avec la mise à jour des « lois » sous-jacentes et cachées jusqu'ici, il deviendra facile, pense-t-il, d'inventer de nouvelles applications pratiques. Si tout instrument, toute technique et toute combinatoire d'instruments et de techniques, se trouvent ainsi placés dans un continuum qui débute avec les faits apparemment simples de « lever » et de « lier » des corps ou avec la découverte du mouvement rotatif (absent dans le règne animal), le recours aux connaissances historiques, préhistoriques et ethnographiques ne paraît plus une simple extrapolation ou une activité secondaire du spécialiste des machines, comme les notices biographiques de Reuleaux le font croire.

La description de l'Inde

Le voyage en Inde et la publication de sa relation font partie de cette curiosité globale.

À première vue cependant, c'est en touriste que Reuleaux semble débarquer à Calcutta, pour traverser le Nord de l'empire de l'Inde britannique à l'ère victorienne et aboutir à Bombay, dernière étape du périple qui ne durera que quinze jours. Il est sur le chemin du retour de l'Exposition universelle de Melbourne ; il vient visiter en Inde :

« le pays de l'histoire, des légendes et des contes, de la poésie, le pays qui a généré la recherche sur l'évolution linguistique et, plus généralement, sur l'ancienne culture aryenne qui a porté et porte encore [...] en elle les racines de la culture occidentale » (Reuleaux 1884 : 25-26)⁵.

Familiarisé avec l'ancienne littérature indienne disponible grâce aux traductions et interprétations érudites qui fleurissent en Allemagne, il veut voir de ses yeux « ce pays merveilleux » où cependant tant de choses restent « obscures », « inexplicables et si importantes pourtant » ; il le fait en adoptant le point de vue du *nescire aude*, de l'« observation libre de tout préjugé » (Reuleaux 1884 : 26). Nulle quête d'exotisme n'affecte ce voyage qui suit le cours du Gange, fleuve sacré s'il en est, et source d'inspiration de la poésie allemande à laquelle le voyageur est sensible. S'arrêtant dans les grandes villes (Calcutta, Bénarès, Agra, Delhi, puis Bombay), il emprunte les chemins de fer (qui, entre autres, facilitent les pèlerinages) et s'installe dans le confort des hôtels européens, tout surpris d'ailleurs par le grand nombre de serviteurs locaux qu'il sera obligé d'engager pour chaque tâche particulière. Une des premières images que lui offre la vue de Calcutta, c'est celle des grandes filatures où « l'industrie européenne a déjà rompu [...] la simplicité naturelle du pays des merveilles », où elle a « aliéné » les habitants « en les enchaînant à la machine » (Reuleaux 1884 : 28).

Reuleaux se mettra à la recherche des traditions, non pas dans la rusticité primitive des campagnes, mais dans les ateliers artisanaux concentrés dans les villes et dans les rencontres quotidiennes d'un monde en changement. Mais le représentant officiel de l'industrie allemande dans les grandes foires mises en scène pour glorifier la productivité conquérante des pays dits civilisés vient en Inde avec une idée très précise :

« [...] en Inde, j'ai poursuivi, à côté de l'intérêt général, un objectif particulier – celui de l'étude technologique. La réflexion sur l'évolution de l'outil a pris une importance anthropologique croissante comme le prouvent les travaux de Geiger, Kapp, Noiré et d'autres [...]. Il me semble cependant qu'ils ont tous surestimé notre connaissance de l'outil, surtout dans le domaine le plus important de l'anthropologie, celui des degrés inférieurs et les moins évolués. Il me semble essentiel de compléter nos connaissances à cet égard. D'où mes visites d'ateliers, [...] où on peut observer, à partir du plus simple, l'évolution progressive des instruments. [...] il est frappant de voir avec quel pauvre outillage sont produits l'artificiel et l'excellent. Ce qui manque à l'instrument sera remplacé par la main et par l'œil. Mais à ce savoir-faire artisanal, à cet exercice de l'œil et de la main, se trouve lié le goût pour les produits de qualité dans les arts appliqués. [...]

[En Inde], l'instruction réside dans la tradition, dans le modèle : celui-ci, à son tour, restreint et impose des limites, comme le montre le fait étonnant que l'art appliqué indien s'est arrêté avant d'atteindre les degrés plus élevés de la peinture et de la sculpture. [...] Peut-être faut-il attribuer cette anomalie à l'entrave de la caste ou, plus tard, de l'islam ; ce n'est certes pas le talent qui aurait fait défaut à ce peuple aux dons multiples. » (Reuleaux 1884 : XI-XII).

[...]

D'emblée, le technologue-voyageur, pour mettre à exécution son programme d'observation, prend ses précautions et marque la distance par rapport au colonisateur : le temps disponible doit être organisé, la diète calquée sur la vie locale et sa modération, le costume adapté au climat tropical, le serviteur-informateur choisi avec soin ; mais de plus il n'est pas bon de procéder à la manière anglaise en gardant ses « habitudes matérielles » nationales – la possibilité du « connaître » et du « comprendre » s'en trouverait réduite (Reuleaux 1884 : VI-VII) ⁶.

Le récit de la traversée de l'Inde s'adresse à un large public. Écrit dans un style alerte, il fait participer le lecteur au vécu quotidien du voyageur dans l'ordre chronologique de l'itinéraire. Il ressemble à un album où la séquence des prises de vues est constituée par la narration des déplacements, rencontres, conversations et observations ; ces prises de vues sont étayées par des commentaires historiques et ethnographiques qui font preuve d'une bonne connaissance préalable de la civilisation de l'Inde, évidemment dans les limites des acquis de l'époque. Avant de venir en Inde, Reuleaux a étudié le sanscrit, ce qui le détermine – suivant en ceci les conseils d'un Lazarus – à rapprocher « les mots et les choses » en se hasardant sur le terrain quelque peu glissant des étymologies. Il connaît bien l'ancienne littérature et la mythologie hindoues, il a lu Bumouf, Max Müller et certainement d'autres auteurs qu'il ne mentionne pas ; mais c'est à un auteur local, S.C. Bose (dont l'ouvrage *The Hindoos as they are* vient de paraître) qu'il fait le plus confiance pour en présenter de larges extraits dans les passages relatifs à l'organisation sociale et à la vie religieuse, non sans le corriger à l'occasion. L'auteur, un Hindou baptisé, ne sachant plus reconnaître le rapport de filiation entre les anciens textes sacrés et la tradition populaire vivante, lui sert de prétexte pour dénoncer l'aliénation de la

civilisation hindoue sous l'influence des écoles missionnaires (Reuleaux 1884 : 157-159, Bose 1881). Ces digressions historiques et ethnographiques de seconde main servent de cadre général à l'intelligibilité du rapport homme/outil/matière/produit fini qui constitue l'objectif du livre.

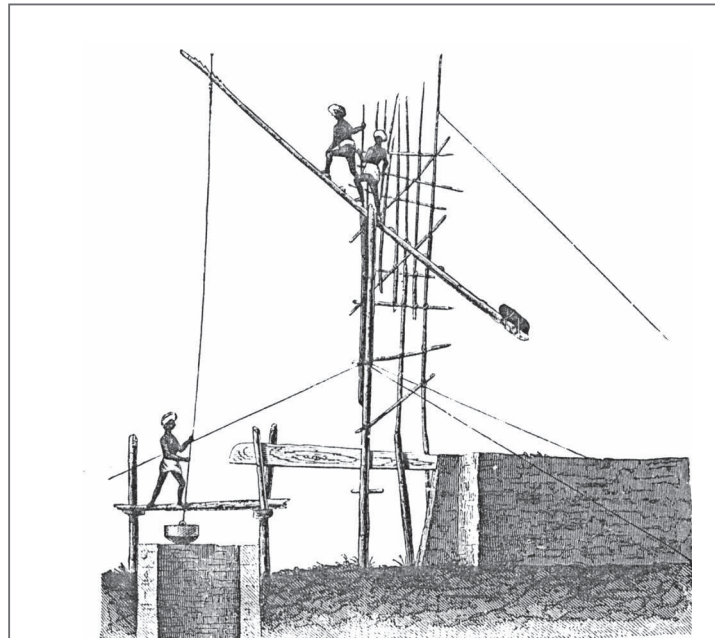
Les observations directes, dues à Reuleaux lui-même, peuvent être ordonnées selon trois catégories qui concernent : les produits artisanaux, les techniques employées et les techniques du corps.

À ces thèmes récurrents s'ajoute l'attention prêtée au cadre de production, l'atelier, ainsi qu'aux questions de style. Il est sensible aussi à l'ambiance créée par le choc de l'interpénétration des économies et des sociétés différentes.

L'éventail de cette thématique est présent dès le premier chapitre, consacré à la description, avant l'arrivée à Calcutta, de la dernière halte sur l'île de Penang entre la presqu'île malaise et Sumatra, et de sa population majoritairement chinoise. (Reuleaux 1884 : 1-24).

Un scénario analogue, traduisant le choc entre la culture traditionnelle et une modernité souvent accablante, se retrouve dans les descriptions de cinq centres urbains visités en Inde, auxquelles s'ajoute celle de deux brefs séjours à Ceylan l'année précédente, en 1880, donnée en annexe (Reuleaux 1884 : 254-288). Partout où il arrive, Reuleaux ne s'intéresse pas seulement aux métiers d'art travaillant les métaux, le bois, la pierre ou les fibres textiles, mais aussi aux techniques élémentaires relatives à l'eau, à l'air et au feu.

L'eau est présente comme milieu ambiant, concernant la pêche au grand filet dans l'embouchure du Gange, et les embarcations utilisées dont le *katamarang* à Ceylan. Elle est une force dans les travaux d'irrigation des alentours de Bénarès faisant usage du *moth*



Dispositif à levier

« Picota » ou « kubbilai » pour élever l'eau. (Fig. 1)

(puits à outre) ou, à Agra, grâce aux leviers qui alimentent les citernes du Fort Rouge datant du XVI^e siècle (figure 1).

La présence de l'eau est remarquable par l'empire socio-religieux qu'elle exerce sur les êtres. À Bénarès, Reuleaux assiste au bain rituel pratiqué tous les matins, de quatre à neuf heures ; se mêlant à la foule sur les *ghats*, tout en notant les règles de différenciation sociale selon les castes, les sexes et l'âge, il retient les gestes de l'immersion et de l'arrosage du crâne au moyen de petits récipients de laiton, les *lotas* ; les *tubris* en forme de calice servent à boire l'eau du fleuve ; constatant que les femmes rapportent l'eau du Gange à la maison dans des récipients spéciaux en laiton (*pital* ou *pitloh*) dont la possession en grand nombre désigne la richesse de la famille, il retourne au quartier des bazars de laiton pour acquérir un spécimen à la forme particulièrement belle et caractéristique. À Delhi, la description du *baoli*, le bassin sacré situé dans les ruines des alentours, sert de prétexte pour s'étendre sur les exploits de plongée par un groupe de jeunes garçons entraînés par un homme adulte, sautant dans le bassin du haut des murailles mesurant jusqu'à quinze mètres. La démonstration d'une maîtrise corporelle inhabituelle impressionne le spectateur européen. Il est sensible aussi aux bienfaits du bain-douche façon locale, à son pouvoir de rafraîchissement plus grand que le bain ordinaire et « proportionnel à la fréquence des jets d'eau » effectués à l'aide du *chatty*. Ce type de bain où l'« évaporation de l'eau déversée sur le corps provoque le rafraîchissement » suit aussi les règles de la caste : interdit aux castes inférieures, l'usage du *chatty* s'échelonne selon le rang de dix à cent répétitions ; l'Européen y a accès dans les hôtels⁷.

Les chaleurs de l'été indien sont rendues supportables grâce à l'ingéniosité des systèmes d'aération, qu'il s'agisse des vêtements de toile d'usage local, des chapeaux (*tapi*) faits de bois léger de la plante *schola* (ou *pith*), avec leur cerceau intérieur permettant le passage de l'air, que des industriels allemands s'efforceront de reproduire, ou enfin du *panka*, large éventail longuement décrit quant à sa forme, ses racines étymologiques, ses analogies européennes et, surtout, sa mise en application grâce aux *walas*, les préposés au service⁸.

La production primitive du feu, par frottement de bâtons de bois, est un thème qui se réduit, au cours du voyage interurbain, à la recherche de pièces de collection ; il s'agit de trouver des spécimens de bâtons nommés *arâni*, à l'usage des prêtres, que Reuleaux voudrait ajouter à sa collection polynésienne. Son informateur les ignore, et même une démarche auprès d'un officiant brahmanique dans un temple à Bombay ne permet pas de les identifier. Reuleaux en a connaissance par les récits de voyage et par la littérature spécialisée qui suppose un lien signifiant entre ces objets et le *svastika* ; sans soupçonner qu'il s'est peut-être heurté à une limite infranchissable d'un signe appartenant à l'ésotérisme religieux. Reuleaux conclut un peu vite que l'hypothèse de Schliemann et de Burnouf ne résiste pas à l'enquête (Reuleaux 1884 : 249-250).

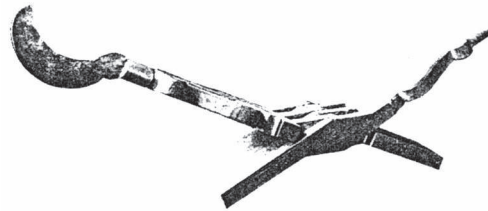
Parmi les techniques élémentaires, on peut encore compter la façon d'écorcer les noix de coco, observée à Ceylan, à l'aide d'un bâton pointu, nommé *nariyal-kurana*. Une gravure montre comment l'enveloppe fibreuse est détachée, le bâton lui-même étant fixe, fiché à la verticale dans un vieux tronc d'arbre (Reuleaux 1884 : 284-285), une autre le montre de près (figures 2 et 3). Avant d'être préparé pour la consommation, le fruit est cueilli de l'arbre devant les yeux du spectateur qui note la façon de grimper du jeune homme ; pour faciliter l'ascension, celui-ci a relié ses pieds à la hauteur des chevilles par une corde faite de fibres de noix de coco. La scène parut assez importante à Reuleaux pour la fixer par l'image et placer la gravure au début du livre, comme pour illustrer d'emblée l'importance du moindre fait pour la recherche du plus simple (figure 4). Ceci est aussi apparent dans



Bâton à écorcer les noix de coco d'arbre
(Fig. 2)



© M.-C. Mahias



« Bâton à écorcer les noix de coco » vu de près
(Reuleaux 1900). (Fig. 3)

Écalage de noix
Snovan, Belgola, 2006.



Ascension d'un cocotier

(Fig. 4)

tous les autres passages consacrés au corps et aux techniques du corps, qu'ils concernent :

— la nudité, les vêtements et la façon de les draper ;

— les bijoux des femmes et le tatouage expérimenté sur les bras de ses jeunes compagnons de voyage ;

— la station debout, soit des pêcheurs dans leurs embarcations, soit d'un homme filant un fil très fin à l'aide d'un fuseau et d'une quenouille des plus rudimentaires ;

— le portage des marchandises par ballots, toujours suspendus deux à deux au *pikulan* des coolies aux épaules couvertes de callosités, permettant le transport de charges extrêmement lourdes ;

— et enfin les trois types clas-

siques de la position assise hindoue : « sur deux genoux », « sur quatre genoux » (à la façon des tailleurs européens), « fermée », dite aussi « à la manière des coquins »⁹.

Les techniques de transformation décrites correspondent, en gros, à l'éventail des artisanats indiens déjà connus grâce à leur présence notamment dans les Expositions universelles, depuis leur instauration à Londres, en 1851. En ce qui concerne les ouvrages de métal, Reuleaux s'arrête à Calcutta, auprès du fabricant d'objets dits de Moradabad, [...] puis à Bénarès, où « le lustre splendide qui ressemble à de la rosée » des récipients en laiton est obtenu par un procédé simple : on les frotte avec des tranches de citron ; c'est une production locale qui est massivement exportée en Europe. Les orfèvres de Delhi ne travaillent pas comme les artisans de Bénarès dans des échoppes ouvertes sur la rue, correspondant au type d'atelier déjà décrit à Penang, mais dans des maisons fermées, à deux étages. Les bijoux faits d'écus gravés de jade, d'or et de pierreries fines, sont trop chers pour être acquis, bien qu'il s'agisse d'un art spécifique, jamais vu auparavant. Un collier d'argent plus modeste sera copié à Berlin par le joaillier de la Cour ; mais « il y rencontra des difficultés techniques tout à fait inattendues [...], hors de proportion avec le bas prix pratiqué en Inde ». À Jaipur, des informations sont prises au passage sur la technique d'incrustation d'or et d'argent dans de l'acier, qui caractérise l'industrie d'art locale. À Bombay, la caste des forgerons du cuivre (*tamba*) est dite employer jusqu'à mille personnes qui travaillent, à côté d'une foule d'autres artisans, loin du port, au cœur de la ville non-européenne que la machine n'a pas encore atteinte. De la haute technicité du fer au IV^e siècle, témoigne le « Pilier de fer », le Loha khamba de la Grande Mosquée de Delhi, dont la légende explique la fin du règne hindou à Delhi et qui inspire à Reuleaux des réflexions sur l'antériorité respective du fer ou du



Pilier de fer à Delhi
(Voyage de 1881). (Fig. 5)

bronze en Inde par rapport à la question débattue par les archéologues européens¹⁰ (figure 5).

Le travail du bois constitue un autre versant de la recherche technographique qui conduit Reuleaux dans les ateliers des tourneurs, à Calcutta et à Bombay. Chez un tourneur (*kherrad*) à Calcutta, il assiste à la fabrication d'un objet très courant dans tout l'Orient, un tuyau de pipe :

« Le futur tuyau fut d'abord tourné à l'extérieur. Il tournait entre deux pointes de fer dont l'une émergeait horizontalement d'un petit pieu fiché en terre ; l'autre était fixée à un petit cadre de bois posé par terre entre plusieurs piquets et que le pied gauche du tourneur maintenait dans sa position [...]. De la main droite il actionnait l'archet dont la corde était enroulée à un tour autour de la pièce à tourner ; de la main gauche il tenait le ciseau qu'il pressait contre le support à l'aide du gros orteil du pied gauche – le pied était sa troisième main [...]. Ce fut la meilleure, car la plus primitive et la plus simple, forme d'un atelier que l'on puisse imaginer [...] ».

Puis on passa au laquage, à sec, par l'application de bâtonnets de laque de plusieurs couleurs, le frottement du tour les faisant fondre, et enfin au polissage au moyen d'une feuille verte séchée (*kela*), donnant ainsi à la laque mate le lustre désiré. Cet art authentiquement indien de la laque (*lakh*) aurait disparu aujourd'hui ; il est possible que Reuleaux nous ait livré une dernière prise de vue de sa pratique traditionnelle, dans un quartier suburbain déjà marqué par la « civilisa-

tion », où d'autres menuisiers s'affairent à réparer de vieux meubles européens en ruine (Reuleaux 1884 : 76-77).

Ce contraste, on le retrouve encore davantage à Bombay, le seuil de l'Europe, où la civilisation pénètre le long des axes routiers. Cette corrosion se manifeste moins dans les grandes filatures industrielles qui appartiennent au monde des colonisateurs étrangers que dans les ateliers près du port où l'on se sert de tours mécaniques, de machines à raboter et à percer entraînées par des moteurs à gaz de provenance allemande¹¹. Il faut pénétrer loin dans le centre de la ville, où se conserve l'outillage simple indien, pour rencontrer des exemples vivants d'un travail accompli par l'homme s'investissant tout entier. Il s'agit, en l'occurrence, d'un maître-tourneur, surpris dans l'achèvement d'un pied de lit très orné :

« Le travail au ciseau toucha justement à sa fin. On appliqua alors la laque. Cela se fit au tour (déjà décrit), en pressant une grande tige de laque contre la pièce à tourner [...] et en polissant ensuite la couche de couleur avec des morceaux de feuilles de palmier. Trois garçons vigoureux tiraient la courroie de manière à donner à la pièce à travailler un mouvement de va-et-vient, tel qu'on l'obtient par exemple en tournant un fouet à mousser entre les paumes [...]. La vue de ces mouvements énergiques et vigoureux offrait un spectacle imposant [...] ».

La visite des ateliers d'ébénistes du quartier indien à Bombay révèle aussi l'une des industries d'art les mieux connues grâce à l'exportation massive en Europe – celle des

fines mosaïques des objets marquetés. La technique employée est d'origine perse. Pendant la centaine d'années qui se sont écoulées depuis son introduction à Bombay et aussi à Baroda, les artisans indiens n'ont rien changé aux dessins purement géométriques : aux yeux de Reuleaux, on est en présence d'un conservatisme bénéfique aux industries d'art. Suit la description des matériaux utilisés et de la « méthode, peu compliquée » (Reuleaux 1884 : 246-248).

L'intérêt porté au travail du bois ne se borne pas à la production artisanale décorative. Des questions de style sont également abordées. Ainsi, à Agra, les descriptions architecturales très détaillées font état du « transfert du style du bois dans le marbre », un style qui n'est que « légèrement masqué » dans plusieurs ouvrages. Ce serait « le type fondamental partout, et encore davantage quand l'édifice doit atteindre une très grande légèreté » (Reuleaux 1884 : 168, 173, 176).

Les plus longs développements cependant sont consacrés au style décoratif réalisé dans le travail de la pierre et dans celui du tissage. Reuleaux décrit longuement l'architecture indo-musulmane, notamment à Agra, où deux techniques sont toujours vivantes : la *jāli*, filigrane de pierre des écrans ajourés d'une finesse remarquable, et le *munabbatgari* (un terme qui exprimerait la croissance, le bourgeonnement), c'est-à-dire l'incrustation de pierres dures dans le marbre, dont le plus parfait exemple est offert par le mausolée construit au ^{xvii}^e siècle, le Tāj Mahal. Fidèle à sa vocation technographique, Reuleaux ne se contente pas de faire participer ses lecteurs au regard posé sur le monde des formes, il les entraîne aussi à assister au travail des ouvriers de la pierre dans les ateliers gouvernementaux :

« Ces gens montrèrent volontiers leur art de faire. Les plaques de marbre préparées étaient colorées ou peintes de rubrique et le dessin était marqué au crayon sur la surface rouge. L'évidage se fit au moyen de petits burins d'acier et de marteaux légers. La couleur rouge ne servit qu'à faire ressortir clairement les traits burinés grâce à leur blancheur de marbre. Les pierres semi-précieuses furent polies en forme de plaquettes à l'aide de pierres et de disques à polir, puis découpées à l'archet par un fil métallique, en ajoutant de l'émeri pour les pierres semi-dures et de la poudre de diamant pour les pierres dures »¹².

Tout au long du voyage, les principes esthétiques sont également recherchés dans les techniques de tissage, qu'il s'agisse de la tentative demeurée vaine d'acquérir un modèle de métier simple, rare, et « joliment travaillé » auprès d'un tisserand de bandesllettes rituelles à Bénarès, ou du choix, auprès d'un fabricant-marchand, de tissus brodés d'or au dessin très fin, qui prouvent l'« habileté et la main exercée durant des générations » (Reuleaux 1884 : 104, 109-110).

Dès l'arrivée à Bénarès, le visiteur est frappé par la vue d'une jeune femme,

« [...] occupée à tendre une chaîne bleue-violette, environ un pied au-dessus du sol ; cette chaîne, large d'environ une aune, mesurait déjà douze à treize mètres. Elle alla d'un bout à l'autre, d'une démarche souple et assidue, dévidant le fil d'un écheveau qu'elle portait sur le bras gauche ; arrivée au bout, elle le fixa sur la pièce de traverse, faite d'une tige de bambou – l'ensouple (*Zettelbaum*) – et le tira ensuite vers l'autre bout où elle refit la même opération [...]. L'image semblait parvenir de l'antiquité » (Reuleaux 1884 : 87-88).

Tout en contraste avec cette activité de plein air se présentent les ateliers de fabrication des tissus d'or qui font la célébrité de Bénarès : ce sont de grandes maisons où quatre à six grands métiers à tisser sont en mouvement dans chacune des salles. C'est

une véritable industrie de luxe, du type de la fabrique, sauf en ce qui concerne les procédés de production. Reuleaux les observe de près :

« Tout d'abord les métiers qui étaient d'une construction extrêmement simple. La chaîne était tendue près du sol, à une distance d'à peine deux mains. Devant, où s'exécutait le travail, se trouvaient deux poteaux, s'élevant jusqu'au plafond bas ; entre eux pendaient ce qu'on appelle les rangs de lices (*Webergewirr*), grâce auxquels on montait et on descendait les différents fils de la chaîne pour ouvrir la foule (*Fach*). Devant ces poteaux était posée l'ensouple servant à recevoir l'étoffe tissée ; assez loin en arrière se trouvait l'ensouple de derrière ».

On est en train de tisser la frise – une bordure d'une aune, ornée d'un motif végétal fait d'or, d'argent et de soies de couleur – qui termine le sari de soie violette, parsemé de fleurs et aux lisières d'or.

« À ce moment trois personnes s'étaient mises à travailler la partie la plus riche de la frise, un jeune homme de dix-huit à vingt ans et deux garçons de dix à onze ans. Ils étaient assis devant l'ensouple avant, les pieds dans une fosse en-dessous du tissu et entourée d'une muraille de briques. Les poids qui maintenaient tendues les lices du harnais (*Geschirrlitzen*) pendaient également dans cette fosse. L'adulte, peu loquace et à la mine grave, dirigeait le travail. C'est lui qui accomplissait tous les mouvements de levée et de baisse, travaillant merveilleusement vite avec les fils colorés et métalliques, surveillant ses petits auxiliaires assis à sa gauche et à sa droite, pour enfin lancer la navette avec la trame principale à travers la foule et serrer la trame au moyen du peigne (*Riet*). Le tissage du très riche motif floral et végétal se faisait à l'aide d'espolins [petites navettes de brochage]. Le motif à brocher était dessiné et peint sur un papier, et celui-ci placé en-dessous de l'étoffe. Avant de tramer les duites ornementales, les travailleurs appliquaient le papier avec le dessin du patron par en-bas contre les chaînes [...] et conduisaient ensuite les petites navettes avec les fils ornementaux à travers les fils de la chaîne, ici, là, en troisième, quatrième, cinquième position, introduisant du rouge, de l'or, du pourpre, du vert, de l'argent, comme l'exigeait le modèle. Les fils les plus importants de la chaîne qu'il fallait lever étaient tirés par l'homme grave du milieu, à l'aide de ses cordes de rame (*Zugschnuren*). Mais il ne touchait pas à beaucoup d'autres fils qui étaient ensuite levés par les pointes de petites navettes. Les parties les plus difficiles du motif avaient été prévues par le dessinateur dans la zone médiane – elles incombaient par conséquent à l'adulte ; mais les jeunes auxiliaires avaient aussi à accomplir des tâches difficiles et ils travaillaient en effet de manière très nette et régulière. On put voir aisément que même notre métier à la Jacquard, si raffiné, ne peut égaler cette méthode (sans parler de la rémunération de quelques anas seulement !), et ceci d'autant plus, quand on considère qu'un tissu aussi somptueux n'est confectionné qu'une ou deux fois tout au plus. À quoi bon se répéter et enlever ainsi à la pièce le charme de la rareté ? Il est si facile de se servir d'un nouveau dessin, il est si facile de modifier ça et là le modèle [...] sans pour autant être obligé de procéder à la moindre transformation des parties mécaniques du métier ».

Il est donc possible que des procédés et des outillages rudimentaires, antérieurs et extérieurs au règne de la machine et de la rationalité européenne, soient supérieurs en ce qui concerne la qualité du produit :

« Il sera donc impossible que l'Europe fasse de la concurrence à ce tissu de luxe, riche en motifs et haute en couleur ; c'est plutôt à nous de rechercher l'Inde comme lieu de

travail pour la production de pièces de tissu uniques, nobles et particulièrement riches. Il en va autrement en ce qui concerne les motifs simples et réguliers. Pour ceux-ci, comparée à la nôtre, la méthode indienne est trop compliquée et se trouve désavantagée. Et en effet, une grande partie de ces élégants vêtements féminins dont l'Inde a besoin est confectionnée chez nous, surtout grâce à l'activité assidue du Wuppertal où l'on produit les différentes formes accessoires de ces vêtements gracieusement drapés et ourdis d'or, les voiles et les draperies, qu'ils s'appellent *dhotis*, *saris*, *chundalas*, ou *gunchodas* » (Reuleaux 1884 : 134-36).

Plus loin, l'image des « tristes tropiques » assujettis s'accroît :

« Pour l'ami de l'anthropologie, ce *crescendo* de la pénétration des arts mécaniques (*maschinenell*), si importante pour nos rapports avec ces pays, a une connotation triste. Aussi grande que puisse être notre maîtrise et notre direction rationnelle des forces naturelles, elle signifie en même temps une distanciation, une aliénation par rapport à la nature – cette mère généreuse – tandis que les méthodes simples et originaires des enfants du pays lui sont encore restées si amicalement proches. Chez nous, c'est un esclave de fer sans âme qui travaille, chez eux, c'est l'homme tout entier, avec son énergie, son habileté, avec tout son être » (Reuleaux 1884 : 245).

Reuleaux avait annoncé qu'il reviendrait plus tard aux aspects théoriques des choses observées et décrites. Mais l'a-t-il fait réellement ?

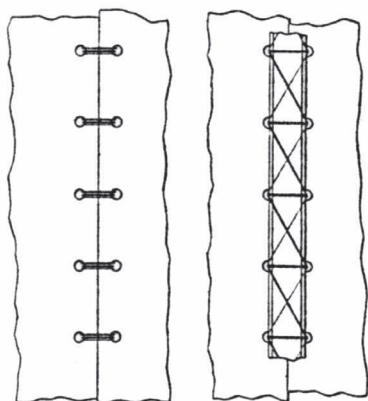
L'explication de l'Inde

Il est déjà évident dans la première formulation systématique de la science des machines en 1875 que les civilisations orientales ne constituent pas l'objet d'étude de Reuleaux mais qu'elles lui fournissent les exemples de connaissances humaines acquises pendant des millénaires, et avant l'Europe, de l'utilisation des mécanismes disponibles dans la nature et imposés à elle. Elles se trouvent en dehors de la zone du « manganisme » (autrement dit, des pays industrialisés) et se sont figées dans le « naturisme » mettant à contribution les lois du mouvement, sans les formuler (Reuleaux 1884-1891). C'est à leur propos que la distinction entre « instrument » (*Gerät*) et « machine », entre « outil » (*Werkzeug*) et « pièce à travailler » (*Werkstück*) devient pertinente. On peut le voir dans les exemples illustrant le deuxième volume de la *Cinématique*, paru en 1900, presque vingt ans après le voyage en Inde.

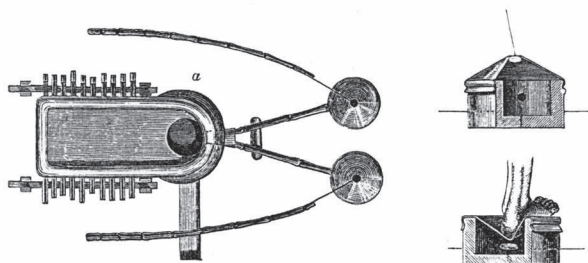
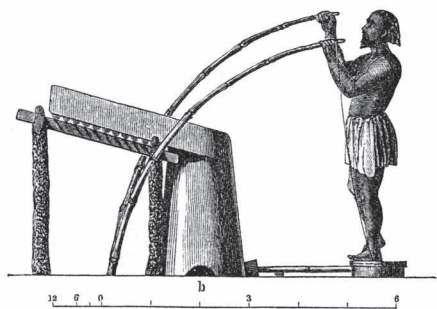
On constate alors que ces exemples, souvent donnés dans des notes de bas de page, servent à démontrer la présence en Inde de dispositifs mécaniques élémentaires qui ne correspondent pas à la définition de la machine. Celle-ci n'existe qu'à partir du moment où, même mue à la main, c'est elle qui travaille, l'intervention de l'homme étant destinée à la mettre et à la maintenir en mouvement, alors que dans le cas de l'instrument (ou des combinatoires d'instruments), c'est toujours l'homme qui travaille, aidé seulement par le dispositif mécanique (Reuleaux 1900 : 238). Ainsi, concernant la question de la maîtrise de forces pour lever et déplacer des charges lourdes, l'idée de distribuer le poids sur des épaules nombreuses grâce à des leviers interpuissants ou à des palonniers, telle que Nicolo Zabaglia l'a décrite pour l'Italie du XVIII^e siècle, se retrouve en Inde :



Portage de lourdes charges
(Reuleaux 1900). (Fig. 6)



Liaison de planches par couture. (Fig. 7)



Soufflet indien. (Fig. 8)

« En Inde ce procédé de portage, vieux de plusieurs millénaires, est encore en usage aujourd'hui pour transporter les blocs de pierre des carrières [...] aux lieux de construction. Ce sont alors trente-deux, voire soixante-quatre hommes qui portent un tel bloc ; un musicien, donnant la mesure sur sa flûte, les précède. » (Reuleaux 1900 : 190-191) (figure 6).

Les ingénieurs britanniques n'ont pas manqué de remarquer le moindre coût de cette technique, et de la préserver. Mais cette idée inspire aussi les modes de transport européens,

des voitures et des chemins de fer, ou encore des grandes grues modernes. En Inde, « les hommes porteurs ayant à recevoir ou à exercer, comme résistances, des forces verticales », obtiennent le résultat désiré plus facilement que ceux de l'ancienne Egypte, confrontés à la tâche de traîner, non de porter, des charges énormes. Dans le *Voyage* il est question du portage et des types de voitures, mais en dehors de toute systématisation.

Dans l'analyse des mécanismes qui constitue la plus grande partie du livre, l'Inde intervient à propos des quatre fonctions que les mécanismes peuvent assurer : le guidage (*Leitung*), le stockage d'énergies (*Haltung*), l'entraînement ou la transmission (*Treibung*), la mise en forme (*Gestaltung*, de préférence à *Verarbeitung*).

Lier des corps par des éléments de traction est une activité « aussi ancienne que la culture elle-même » : les maisons cousues des Maori, la terminologie allemande, le mot sanskrit *bandh* l'attestent, tout comme le montre la fixation par couture des planches du *katamarang*, répandu dans tout le Pacifique et jusqu'en Inde (Reuleaux 1900 : 322-323). Il en était déjà question dans le *Voyage*. En théorie, nous nous trouvons dans la série des mécanismes de guidage qui vont de la corde,

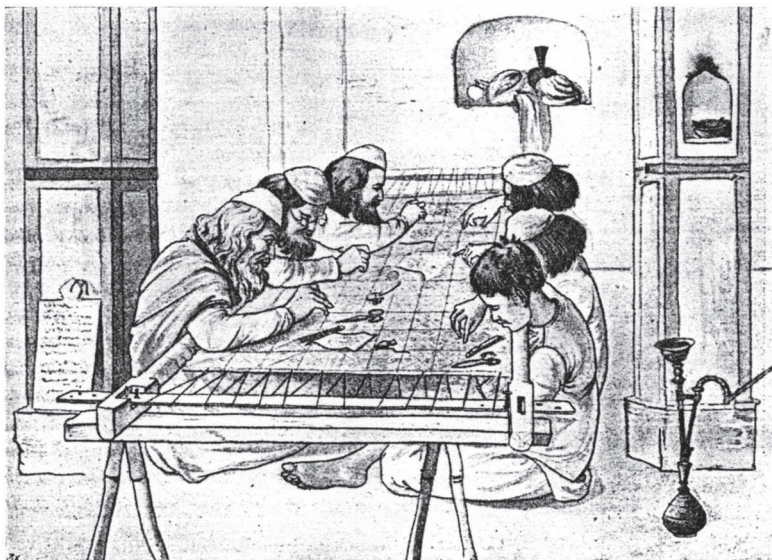
du lien et de la fibre au mouvement forcé de la fronde, de l'arbalète et de la catapulte et, au-delà, aux dispositifs les plus modernes du machinisme (figure 7). Quant au stockage de l'énergie, l'Inde excelle par l'accumulation d'éléments à pression – la province du Madras possède à elle seule 53000 étangs collecteurs, et les Anglais ont continué la tradition de construction de barrages. Plus compliquée est la question de l'air comprimé. Les anciens soufflets, attestés en Égypte, ne comportaient pas de soupapes contrairement à ce qu'on avait soutenu, non plus que les souffleries en usage en Inde pour la fonte du fer ; celles-ci, qui remplacent la soupape par le corps humain, le talon du pied, constitueraient de fait un mécanisme plus raffiné (Reuleaux 1900 : 357, 601), (figure 8). En ce qui concerne l'entraînement au moyen de roues combinées avec des éléments de pression, il est noté que les roues hydrauliques, mues par le débit de l'eau, sont absentes en Inde, alors que la chaîne à godets (*Kübelrad*) est d'un emploi fréquent dans les travaux d'irrigation. Le sanskrit connaît plusieurs termes pour ce genre de roues – *ghatayatrang* ou *ghatiantra*, de *ghata*, « cruche », « récipient », et de *yantra*,

« machine » ; puis *vilornang*, ou *vilorna*, qui signifie « donneur de liquide », ou « roue allant en sens inverse » – un terme indiquant un mouvement propre au type de roue appelée *Wurfrad*. Cette note va au-delà des phénomènes décrits dans le *Voyage*. (Reuleaux 1900 : 508, 515).

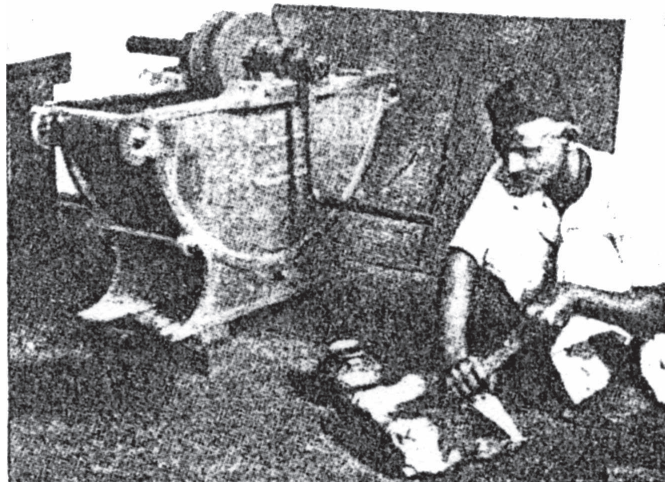
Les problèmes de la mise en forme conduisent Reuleaux à développer une « théorie de l'outil » qui détermine son rôle dans la machine ainsi que l'intégration du corps humain dans la chaîne cinématique. Il y a trois cas de figures possibles pour déterminer le mécanisme associant l'outil à la pièce à travailler :

- soit la pièce se trouve au repos, tandis que l'outil est mû ;
- soit l'outil se trouve au repos, tandis que la pièce à travailler est mue ;
- soit enfin outil et pièce sont mus en même temps.

La notion de repos renvoie à celle de « fixation » (le sol) et de « fixateurs » (l'établi, l'étau ou l'enclume qui fixent la pièce à travailler) ; en Inde, c'est le cas du cadre-support des brodeurs de Delhi dont Reuleaux a rapporté une représentation figurée (figure 9). Mais ce fixateur peut être le corps humain. Les exemples donnés en 1900 sont empruntés à d'autres aires culturelles – le tissage au Tonkin et dans l'archipel de la Sonde. Le *Voyage* cependant a bien tenu compte de l'utilisation du pied – la « troisième main » – par le tourneur de pipes à Calcutta (Reuleaux 1900 : 670-672)¹³. Pour montrer que le deuxième procédé, fixant l'outil et mettant en mouvement la pièce à travailler, risque d'être antérieur aux autres, les observations directes du *Voyage* sont évoquées explicitement (figure 10 et 11). Signalant la préférence donnée à la meule couchée, même si le colonisateur fournit des meules rotatives, ainsi que le maintien de l'usage du couteau immobile (*aruva-mani* ou *arurhamani* en langue locale), Reuleaux insiste sur le bâton servant à dégager les fibres enveloppantes des



Brodeurs à Delhi, travaillant sur cadre fixe (Reuleaux 1900). (Fig. 9)



Meule couchée, immobile (Reuleaux 1900). (Fig. 10)

noix de coco, observé à Ceylan : à l'aube de la culture humaine, on ne se souciait pas de posséder les outils ; ils se trouvaient prêts dans la nature (Reuleaux 1900 : 673-675 ; voir figures 1 et 2). On comprend mieux maintenant l'attention constante prêtée aux attitudes du corps – ce corps humain qui, comme le corps animal, peut être assimilé, en ses articulations, muscles et systèmes sanguins, à une machine naturelle. Reuleaux ne voudrait pas qu'on s'y méprenne :

« La communauté établie entre les bases structurales des machines naturelles et artificielles place la création humaine des machines dans une lumière spéciale. Ce n'est pas séparée de la nature, ou même en opposition à elle, comme on entend dire, que se pose la création humaine de la machine, mais sous le rapport des lois de sa formation corporelle, en harmonie avec la nature. D'un autre côté, il n'est pas permis, comme on serait tenté de le faire, de conclure que les machines artificielles se seraient développées en imitation de la nature. Car l'homme a produit des machines pendant des millénaires, et s'en servait avant qu'il ne fût capable de comprendre le mode de mouvement du corps animal [...] ». (Reuleaux 1900 : 777).

Si le théoricien adhère bien à l'idée que l'histoire évolutive peut éclairer le phénomène machine, il apporte des nuances à l'évolutionnisme ambiant :

« La technologie des travaux manuels, historiquement plus anciens, ne contient pas en elle, comme beaucoup le croient, la technologie des machines, comme préformée. Ceci est prouvé déjà par le fait que notre structure corporelle ignore le mouvement le plus important de la machine, à savoir la rotation continue. L'humanité s'est approchée à pas très lents des mouvements forcés qui sont contenus, intemporels, dans les lois du mouvement. C'est pour cela [...] qu'il faut subordonner la technologie manuelle à la technologie des machines, au lieu de faire l'inverse, comme ce fut le cas jusqu'à maintenant » (Reuleaux 1900 : 713).

L'Inde s'insère par conséquent dans l'histoire du monde en ses réalisations les plus anciennes ; son traditionalisme (dont les causes restent à découvrir) en offre des exemples vivants.

Les sources de philosophie de la machine

Les admirateurs de Reuleaux – et il en avait jusqu'aux États-Unis d'Amérique – l'ont appelé le « philosophe de la machine » ; ses critiques, moins respectueux, en faisaient le « cuisinier ». Quoi qu'il en soit, ce qui nous intéresse est de savoir si le « cuisinier/philosophe » est une figure aussi isolée que la postérité l'a fait croire, et comment il a formé ses idées réformistes par rapport au monde artisanal et ses idées esthétiques qui en sont le corollaire. Il s'agit d'un champ d'exploration très vaste ; aussi nous bornerons-nous à quelques indications qui peuvent éclairer le *Voyage en Inde* ; nous écarterons complètement ses dettes envers ses maîtres et prédécesseurs (F. Redtenbacher notamment), et ses combats menés à l'intérieur de la science qu'il a voulu fonder. On en trouvera des indications chez les historiens des techniques comme F. Klemm (1982 : 106, 146, 217) et U. Troitzsch et Wohlauf (1980 : *passim*) ; plus récemment Francis C. Moon de la Cornell University.

Le rôle joué par Reuleaux dans les Expositions universelles s'avère incontournable. Nous le trouvons tributaire des mouvements d'idées qui les ont animées, et lié à plusieurs personnalités qui les ont soutenues. Ce sont : Sir George Birdwood, l'expert artistique du département de l'Inde au Musée d'art pratique de South-Kensington (fondé avec les bénéfices de la première Exposition universelle à Londres, en 1851), dont le livre-catalogue consacré aux « Arts industriels de l'Inde » accompagne Reuleaux lors de son voyage (Birdwood 1880-81)¹⁴; Sir Edward Buck, un haut fonctionnaire qui a consacré sa vie à la promotion de l'artisanat indien et qui fondera le Musée d'art indien à Calcutta, et sa revue *Journal of Indian Art* – Reuleaux l'a rencontré sur les lieux et a bénéficié de son aide pour la collecte d'objets ; ce sont surtout l'architecte allemand Gottfried Semper, réfugié à Paris et appelé à Londres, et avec lui, Henry Cole, l'initiateur du dessin industriel renouvelé qui, le premier, eut l'idée d'une exposition des produits manufacturés de toutes les nations.

Pendant une dizaine d'années, Reuleaux a enseigné dans le Polytechnicum de Zürich à côté du grand théoricien de l'art que Gottfried Semper était alors en train de devenir, non sans choquer ses contemporains et les autorités en la matière en soutenant que, dans le domaine stylistique, il convenait de distinguer entre l'art des anciens, des orientaux et des primitifs – ce qui revenait à inclure des mondes jusqu'ici exclus de la vision canonique. Dans le *Voyage*, Reuleaux le cite à plusieurs reprises, faisant siennes, en contemplant l'architecture du Taj, les conceptions de Semper sur les quatre éléments constitutifs de la construction pure (Reuleaux 1884 : 181, Semper 1852). Mais avant cela, beaucoup d'idées réalisées par l'Exposition de 1851 viennent de Semper : entre autres, celle du « Musée d'art pratique », en symbiose étroite avec les conceptions de H. Cole. Henry Cole est connu pour avoir voulu allier l'art à la manufacture, concilier les processus contradictoires de culture et de mécanisation. D'emblée, l'auteur du *Journal of Design* (1849-1852) pose la question de savoir si la production industrielle, débridée et de plus en plus laide, va pouvoir supporter la comparaison avec la production artisanale. Dans son premier discours officiel d'octobre 1849 en vue de l'Exposition, il exprime le souhait suivant : « Nous aimerions voir, lors de notre exposition, quelques éléments de ces artisanats indiens encore presque entièrement inconnus chez nous ».

Le principe du « apprendre à voir, voir en comparant » a été appliqué effectivement grâce aux splendeurs du Palais de cristal (comme d'ailleurs dans les Expositions ultérieures). Il s'en est dégagé, selon Cole, une double leçon : celle des machines et moissonneuses américaines d'une part, celle, aussi impressionnante, des « sources vives de l'art », venues de l'Orient¹⁵. Contrairement aux visions utopiques ultérieures d'un Ruskin et d'un Morris, le mouvement lancé par Cole ne préconise pas un retour en arrière mais l'alliance entre l'industrie et l'art. C'est en suivant la terminologie – volontairement ambiguë – créée par Cole, que T.N. Mukharji, du Musée indien à Calcutta, pourra intituler son ouvrage de 1888 *Art Manufactures of India*.

Le voyage de Franz Reuleaux s'insère dans le mouvement de réforme du goût et de la créativité – un mouvement



Couteau fixe, pour écailler des poissons
(Reuleaux 1900). (Fig. 11)

auquel l'utilitarisme de John Stuart Mill n'est pas étranger et que Gottfried Semper a théorisé, à partir de ses expériences londoniennes et zurichoises ; que des fonctionnaires britanniques, en Angleterre et en Inde, ont poursuivi ; que la science allemande a soumis à vérification, sur le terrain, pour rappeler à l'Europe que le progrès quantitatif devrait conserver son potentiel qualitatif.

NOTES

1. Mauss enseigna de 1901 à 1940. Selon la préface de Denise Paulme, le cours de 1935/36 à l'Institut ethnologique fut consacré en particulier à la technologie et à l'esthétique, ce qui autorise à penser que la mémoire de Reuleaux était alors encore vivante.
2. L'édition de *Der Konstrukteur* citée par Mauss semble être la cinquième, fortement remaniée, comme l'était déjà la quatrième de 1889. Il existe des traductions françaises des deux ouvrages (1877 et 1881).
3. Cet article mentionne notamment l'hégélien Ernst Kapp, l'historien Sombart, et G. von Schmoller, président pendant de longues années du « Verein für Sozialpolitik » l'association où s'affrontèrent les « socialistes de la chaire » (Kathedersozialisten), bien connue des historiens de la sociologie de Max Weber.
4. Ces controverses tournent autour des questions de la prééminence respective de la théorie ou de l'histoire et s'enflamment au sujet de la question ouvrière qui préoccupe également Reuleaux (1885).
5. Le « Voyage » a paru d'abord dans une série d'articles du supplément à la *Nationalzeitung*, avril et octobre 1881. Il a déjà été signalé dans notre étude de 1987 où l'on trouvera quelques indications biographiques sur Reuleaux.
6. Reuleaux n'est pas le premier voyageur allemand à parcourir l'Inde ; mais on notera que Carsten Niebuhr qui l'avait précédé au XVIII^e siècle, avait déjà érigé des règles de conduite du voyageur avisé, stipulant l'adaptation à la diète et au mode de vie des habitants d'un pays exotique comme condition de survie et aussi d'efficience de l'enquête.
7. Reuleaux 1884 : 27, 273, 124, 176, 89-92, 218-219, 46-47.
8. Reuleaux 1884 : 45-46, 48-49, 35-38.
9. Reuleaux 1884 : 60-64, 276, 281, 92-93, 104-107, 27, 279, 74, 196-198.
10. Reuleaux 1884 : 50-53, 122, 198, 229, 236, 214-218.
11. Il s'agit sans doute du moteur à gaz économique construit par Nikolaus August Otto à la demande et avec le soutien de Reuleaux, pour faire valoir les petites entreprises artisanales, écrasées par la grande industrie. Ce moteur atmosphérique, exposé à l'Exposition universelle de Paris en 1867, a été produit en série par l'usine Deutz de Cologne. Il précède le premier moteur à quatre temps de 1876 qui initie la motorisation générale (Weber 1987 : 335).
12. (Reuleaux 1884 : 178, 179, 184, 190).
13. Voir citation 1 page 322.
14. Birdwood avait déjà publié le catalogue de la section des Indes britanniques pour l'Exposition universelle de 1878 à Paris, où, parmi les 12000 pièces exposées, une bonne partie était qualifiée d'objets d'art de fabrication indigène, destinés à la vente. Birdwood déplore le déclin qualitatif sous l'influence de la machine et la concurrence malsaine avec Manchester, et il plaide pour le maintien des « communautés démocratiques » villageoises où les métiers les plus divers exercent encore leur art. Un autre ouvrage cité par Reuleaux, dû à Elliot James, n'a pu être localisé. Sur Birdwood et Buck, voir Bose (1894).
15. Le mouvement de la nouvelle esthétique industrielle, inspiré par Henry Cole, Owen Jones (l'auteur de la *Grammar of Ornament* de 1856) et Gottfried Semper, a été décrit par Sigfried Giedion (1948) ; nous renvoyons à l'édition allemande de son livre, pp. 386-398.

RÉFÉRENCES

- Birdwood, G. C. M. 1878 *Manuel de la Section des Indes britanniques : Exposition universelle de 1878 à Paris*. Londres-Paris : Bureau de la Commission Royale.
- 1880-81 *The Industrial arts of India*. London : Chapman and Hall (2 vol.).
- Bose, P. N. 1894 *A History of Hindu civilization during British rule*. Vol. II., *Social-religious condition, industrial condition*. Londres/Leipzig/Calcutta. (Reprint New Delhi : Asian publication services, 1979).
- Bose, S. C. 1881 *The Hindoos as they are. A Description of the manners. Customs and inner life of hindoo society in Bengal*. London/Calcutta : Stanford/Newmann.
- Buck, E. (dir.) 1886-1916 *Journal of Indian Art*. Londres (Rédacteur : W. Grigg).
- Cole, H. 1849-52 *Journal of design*. London (numéros 1-6).
- Giedion, S. 1948 *Mechanization takes commando*. Londres : Oxford University Press. (dir.). allemande : *Die Herrschaft der mechanisierung : ein beitrag zur anonymen geschichte*. Frankfurt/Main : Europ. Verlagsanstalt, 1982, et éd. spéciale, Frankfurt/Main : Athenaum, 1987.
- James, E. 1880 *Indian industries*. Londres : Allen and Comp.
- Jones, O. 1856 *Grammar of ornament*. Londres.
- Klemm, F. 1982 *Zur Kulturgeschichte der technik*. München : Deutsches Museum.
- Lang, A. 1905 *Franz Reuleaux und die Maschinenwissenschaft*, Berlin : *Zeitschrift für Social-Wissenschaft* 8 : 804-809.
- Mauss, M. 1989 [1947] *Manuel d'ethnographie*. Paris : Payot.
- Mukharji, T. N. 1888 *Art manufactures of India*. Calcutta : Government Printer.
- Reuleaux, F. 1875 *Theoretische Kinematik : Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens*. Braunschweig : Vieweg.
- 1884 *Eine reise quer durch Indien jhare 1881*. Berlin : Allgem. Verein für Deutsche Literatur.
- 1884-91 *Kultur und Technik* In *Wochenschrift des niederösterreichischen gewerbevere'ins*. Wien. (Rééd.in Prometheus, Berlin, 1890 ; trad. angl. In *Annual report of the board of regents of the smithsonian institution*, Washington.
- 1885 *Die Maschine in der rrbeiterfrage*. Braunschweig : Vieweg.
- 1900 *Die praktischen beziehungen der kinematik zu geometrie und mechanik*. Braunschweig : Vieweg.
- Semper, G. 1851 *Wissenschaft, industrie und kunst*. Braunschweig : Vieweg.
- 1852 *Die vier elemente der baukunst*. Braunschweig : Vieweg (rééd. in *Kleine Schriften*, Berlin/Stuttgart : Spemann 1884).
- 1861-63 *Der stil in den technischen und tektonischen künsten, oder praktische aesthetik*. Frankfurt/Main (2 vol.).
- Rupp-Eisenreich, B. 1987 *Culture et technologie : une robinsonade*. *Techniques et culture* 10 : 169-198.
- Troitzsch, U. et G. Wohlauf (dir.) 1980, *Technik-geschichte*. Frankfurt : Suhrkamp.
- Weber, W. 1987 *Die industrielle durchdringung*. In U. Troitzsch & W. Weber (dir.) *Die technik von den anfiingen bis zur gegenwart*. Stuttgart : Unipart-Verlag.

NOTES ET RÉFÉRENCES DE L'INTRODUCTION

- Illustration d'ouverture : Chariot indien à deux roues (Reuleaux 1900).
- Toutes les figures sont extraites du *Voyage en Inde de 1881* des deux volumes de la *Cinématique générale* de 1875 et de 1900.